

CODING/DECODING DEVICE

Patent number: JP9023162

Publication date: 1997-01-21

Inventor: EJIMA NAOKI

Applicant: MATSUSHITA ELECTRIC IND CO LTD

Classification:

- international: H03H11/12; H03M7/32; H03M7/46; H03H11/04; H03M7/32; H03M7/46;
(IPC1-7): H03M7/32; H03H11/12; H03M7/46

- european:

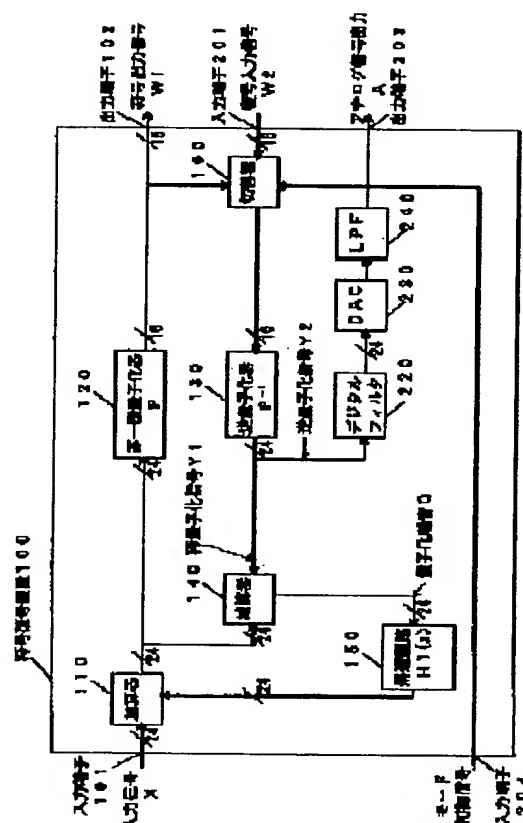
Application number: JP19950171847 19950707

Priority number(s): JP19950171847 19950707

Report a data error here

Abstract of JP9023162

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a coding/decoding device excellent in all of a wide band, a low distortion rate and a high dynamic range even in the case of a low bit rate as compared with a conventional value. **SOLUTION:** At the time of coding, a quantized error obtained by requantizing a small level by a non-uniform quantizer 120 having high resolution and a reverse quantizer 130 having reverse characteristics is added to an input signal through a shaping filter (feedback circuit 150) and an output is extracted from the quantizer 120, and at the time of decoding, an input signal is outputted through the reverse quantizer 130, so that the reverse quantizer 130 is shared by coding and decoding. Thus a wide band, a low distortion rate and a high dynamic range can be attained by the synergism of the high resolution of non- equal quantization and the SN rate improvement of noise shaping.



THIS PAGE BLANK (USPTO)

(11)特許出願公開番号

特開平 9-23162

(43)公開日 平成9年(1997)1月21日

(51) Int. Cl. ⁶	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
H 0 3 M 7/32		9382-5 K	H 0 3 M 7/32	
H 0 3 H 11/12		8731-5 J	H 0 3 H 11/12	A
H 0 3 M 7/46		9382-5 K	H 0 3 M 7/46	

審査請求 未請求 請求項の数 10 0 L

(全14頁)

(21)出願番号 特願平7-171847

(22)出願日 平成7年(1995)7月7日

(71)出願人 000005821

松下電器産業株式会社

大阪府門真市大字門真1006番地

(72)発明者 江島 直樹

大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器
産業株式会社内

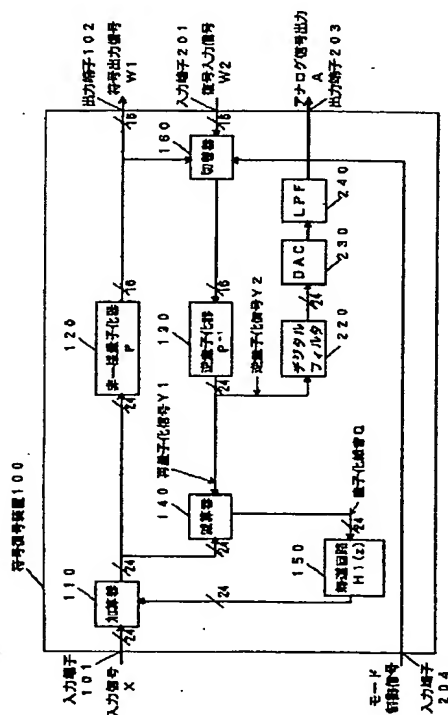
(74)代理人 弁理士 滝本 智之 (外1名)

(54) 【発明の名称】 符号復号装置

(57) 【要約】

【目的】 従来に比べ低ビットレートでも広帯域、低歪率、高ダイナミックレンジの全てに優れる符号復号装置を提供する。

【構成】 符号時は小レベルを高分解能にした非一樣量子化器 120 と逆特性を有する逆量子化器 130 で再量子化した量子化誤差をシェーピングフィルタ（帰還回路 150）を通じて入力信号に加算して非一樣量子化器 120 から出力を取り出し、復号時は入力信号を逆量子化器 130 を通じて出力を得るようにし、符号復号で逆量子化器を共用した。非一樣量子化の高分解能とノイズシェイピングの SN 改善の相乗作用により、広帯域、低歪率、高ダイナミックレンジが達成される。



1

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 符号時は、非一様量子化特性を有する非一様量子化器と切替器を介し前記非一様量子化特性の逆特性を有する逆量子化器を接続して再量子化器を構成し、前記再量子化器に入力する信号と前記再量子化器の出力信号との量子化誤差信号または量子化雑音を所定の伝達特性 $H1(z)$ を有する帰還回路を介して入力信号に合成し符号出力を得るとともに、復号時は、前記切替器により接続を変更して、復号入力信号を前記逆量子化器に供給するよう切り替え、前記逆量子化器の出力信号を復号出力として取り出すよう構成した符号復号装置。

【請求項 2】 入力信号は略一様に量子化した直線符号の信号である請求項 1 記載の符号復号装置。

【請求項 3】 入力信号はアナログ信号である請求項 1 記載の符号復号装置。

【請求項 4】 所定の伝達特性 $H1(z)$ は量子化雑音を可聴帯域外または可聴帯域内であっても聴覚特性の感度の低い周波数帯へより多く置換する $\Delta\Sigma$ 変調を行なうようにした請求項 1 ないし 3 のいずれかひとつに記載の符号復号装置。

【請求項 5】 非一様量子化または非一様量子化器は入力信号の小さい場合には細かく量子化し、入力信号の大きい場合には粗く量子化することを特徴とする請求項 1 ないし 4 のいずれかひとつに記載の符号復号装置。

【請求項 6】 非一様量子化または非一様量子化器は L ビットの直線符号を入力してランレングスを $1/n$ に圧縮した M ビットのデータを出力することを特徴とする請求項 5 記載の符号復号装置。（ L 、 M および n は 2 以上の正整数）

【請求項 7】 非一様量子化または非一様量子化器は、元データとなる直線符号すなわち、上位で所定論理のビットが連続する連続データ $Q0$ と、前記連続データ $Q0$ の連続性をブレイクする反転ビット $T0$ と、前記反転ビット $T0$ 以降の下位データ $D0$ とで構成される L ビットの直線符号を入力し、前記連続データ $Q0$ のランレングスを圧縮して得られる圧縮連続データ $Q1$ と、前記圧縮連続データ $Q1$ の連続性をブレイクする反転ビット $T1$ と、前記ランレングスを圧縮する時に生じる剰余 $F1$ を表す圧縮剰余データ $C1$ と、前記下位データ $D0$ を丸めて得るようにした仮数データ $D1$ とで構成する M ビットの圧縮データに変換して出力する請求項 5 記載の符号復号装置。ただし、前記連続データ $Q0$ のランレングスを $L0$ 、前記圧縮連続データ $Q1$ のランレングスを $L1$ 、 n を 2 以上の整数とすると、

$$L1 = \text{int}(L0/n)$$

$$F1 = L0 \bmod n$$
とする。

【請求項 8】 逆量子化または逆量子化器は、圧縮データすなわち、上位で所定論理のビットが連続する圧縮連続データ $Q1$ 、前記圧縮連続データ $Q1$ の連続性をブ

2

レイクする反転ビット $T1$ 、ランレングスを圧縮する時に生じる剰余 $F1$ を表す圧縮剰余データ $C1$ および仮数データ $D1$ によって構成する圧縮データを入力し、前記圧縮剰余データ $C1$ を格納する $C1$ メモリと、前記 $Q1$ のランレングスを n 倍に伸長し、前記 $C1$ メモリの値に応じた長さの連続データを付加し、 $Q0$ の連続性をブレイクする反転ビット $T0$ を付加し、引き続き前記仮数データ $D1$ を付加する伸長手段と、前記伸長手段から連続データ $Q0$ 、反転ビット $T0$ および仮数データ $D0$ を読み出して伸長データを出力する請求項 5 記載の符号復号装置。ただし、前記連続データ $Q0$ のランレングスを $L0$ 、前記圧縮連続データ $Q1$ のランレングスを $L1$ 、圧縮剰余データ $C1$ から求める剰余を $F1$ 、 n を 2 以上の整数とすると、

$$L0 = L1 * n + F1$$

$$D0 = D1$$

とする。

【請求項 9】 符号時に、非一様量子化特性を有する非一様量子化器と切替器を介し前記非一様量子化特性の逆特性を有する逆量子化器を接続して再量子化器を構成し、前記再量子化器に入力する信号と前記再量子化器の出力信号との量子化誤差信号または量子化雑音を所定の伝達特性 $H1(z)$ を有する帰還回路を介して入力信号に合成し符号出力を得ると同時に、前記逆量子化器の出力信号を符号復号出力として取り出すよう構成した請求項 1 ないし 8 のいずれかひとつに記載の符号復号装置。

【請求項 10】 復号時に、量子化誤差を入力に帰還する $\Delta\Sigma$ 変調ループをオープンにして固定値を与えるゲートを帰還回路または前記 $\Delta\Sigma$ 変調ループ上の 1 または複数箇所に挿入した請求項 1 ないし 8 のいずれかひとつに記載の符号復号装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】 本発明はデジタル信号を高品質で伝送するための符号復号装置に関するものである。

【0002】

【従来の技術】 コンパクトディスクや D A T 等デジタル信号による音楽の記録再生が広く行なわれている。例えばコンパクトディスクはサンプリング周波数 44.1 kHz、16 ビットの直線符号で記録している。この方式では 22.05 kHz を超える音の再生もできないし、98 dB を超えるダイナミックレンジを得ることも原理的に不可能である。生演奏の楽器から発生する音響信号には 22.05 kHz を超える成分を含んでいるにも関わらず、可聴帯域外であることを理由にこの成分を再生する必要がないとされていた。ところが近年、超高音が人間の脳波である α 波を活性化する可能性についての研究がなされており、超高音が脳波に何らかの作用があると考えられ始めてきた。人間に聴こえるかどうかは個体差もあって一概には言えないが何らかの身体的生理的な影響や効果

があること、および将来の文化遺産としてより高音質なものを残すために再生信号における超高域成分が重要であることが指摘されている。また、実際の音のダイナミックレンジは100 dBを超え130 dBに到るものが存在することに対して、これを直線符号の16ビットで表現した場合のクリップ歪が生じやすいこと、および特に信号の小さい領域で量子化誤差による歪みが音の濁りとなることなどからダイナミックレンジが不足していることが指摘されている。

【0003】そこで、誠文堂新光社発行、無線と実験誌 1995年2月号第100～101頁に示されるように、16ビットデータのLSBを用い、このビットに22.05kHz以上の音楽信号情報をADPCMを用いて記録するという方法（方式1とする）や、アイエー出版社発行、ラジオ技術誌1991年4月号第147～150頁に示されるように、ノイズシェーピングを用いて量子化雑音を15kHz～22.05kHzに追いやり、聴感上のダイナミックレンジを改善する方法（方式2とする）が提案されている。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら上記のような構成では、方式1においては再生帯域は広くなる反面、可聴帯域でのダイナミックレンジが6 dB低下する問題があり、また、方式2においては可聴帯域内の15kHz～20kHzでダイナミックレンジが著しく低下するという問題点があった。

【0005】本発明は上記の問題を解決するもので、広帯域でしかも高ダイナミックレンジを有する符号復号装置を提供することを目的とする。

【0006】

【課題を解決するための手段】本発明では、非一樣量子化特性を有する入力符号を非一樣に量子化する非一樣量子化と、前記非一樣量子化とは逆変換を行う逆量子化と、前記非一樣量子化と前記逆量子化の両方の変換を行うプロセスの前後の差を所定の伝達関数 $H1(z)$ をかけて入力信号と加算し、前記加算結果を前記非一樣量子化プロセスに帰還する系により符号結果を得る符号方法を使用する。この目的を達成するために本発明による符号復号装置は、符号時は、非一樣量子化特性を有する非一樣量子化器とこれの逆特性を有する逆量子化器で構成した再量子化器に入力する信号と出力信号との誤差信号または量子化雑音を所定の伝達特性を有する帰還回路を介して入力信号に合成するようにし、復号時は、符号化された信号を前記逆量子化器へ入力して逆量子化した信号を再生するようにした。

【0007】また、符号時にも前記逆量子化器の出力を取り出し符号復号出力を得るようにした。また、復号時に、 $\Delta\Sigma$ 変調のループをオープンにするゲートを設けその点の固定値を設定するようにした。

【0008】

【作用】上記のようにしたため、逆量子化信号は非一樣量子化による非直線変換と逆量子化による逆変換により、信号強度によって丸め誤差すなわち量子化誤差の大きさを符号の大きさによって変化させる作用がある。例えば入力符号の小さい場合には24ビットで細かく量子化し、入力符号の大きさの増加にともなって徐々に粗く23ビット、22ビットとし、入力符号が最大の場合は最も粗く15ビットで量子化するようにできる。すなわち146 dBのダイナミックレンジの内、符号化の持つ瞬時S/N比は入力符号の大きさによって92 dBから146 dBまで変化させられる。この量子化誤差を帰還して入力信号と加算することでスペクトル変換を行う作用が生じ、粗い量子化の入力符号の領域であっても、低周波数帯域内のダイナミックレンジを拡大できる。

【0009】また、再量子化信号は非一樣量子化器による非直線変換と逆量子化器による逆変換により、信号の大きさを変えずに、信号強度によって丸め誤差すなわち量子化雑音の大きさを信号強度によって変化させる作用がある。例えば入力信号の小さい場合には24ビットで細かく量子化し、入力信号強度の増加にともなって徐々に粗く23ビット、22ビットとし、入力信号強度が最大の場合は最も粗く15ビットで量子化するようにできる。すなわち146 dBのダイナミックレンジの内、瞬時S/N比は入力信号強度によって92 dBから146 dBまで変化させられる。この量子化雑音を帰還回路を介して入力信号に合成することでスペクトル変換を行う作用が生じ、粗い量子化の入力信号強度の領域であっても、可聴帯域内のダイナミックレンジを拡大できる。

【0010】また、上記した符号を信号として受信して逆量子化することにより、信号の小さい場合には24ビットで細かく量子化し、入力信号強度の増加にともなって徐々に粗く23ビット、22ビットとし、入力信号強度が最大の場合は最も粗く15ビットで量子化した信号、すなわち146 dBのダイナミックレンジの内、瞬時S/N比は入力信号強度によって92 dBから146 dBまで変化させた信号の量子化雑音を帰還回路を介して入力信号に合成することでスペクトル変換を行った信号を復号化する作用が生じ、粗い量子化の入力信号強度の領域であっても、可聴帯域内のダイナミックレンジを拡大できるものである。

【0011】また、符号時にも符号復号出力が得られ、符号モニタ信号として活用できる。また、復号時に、 $\Delta\Sigma$ 変調のループをオープンにすることで、符号動作に戻る場合の初期動作を短時間で安定にすることができる。

【0012】

【実施例】以下、本発明の一実施例について、図面を参照しながら説明を行う。図1は本発明の第1の実施例における符号復号装置を示すブロック図である。図中、110は加算器、120は非一樣量子化器、130は逆量子化器、140は減算器、150は帰還回路、160は

切替器 160、220 はデジタルフィルタ、230 は D/A コンバータ、240 はローパスフィルタである。なお、信号線の傍に引き出し線を付けずに記入の数字はビット数を表す。まず初めに符号時の説明をする。符号時にはモード制御信号 204 により切替器 160 を制御して、非一様量子化器 120 の出力信号を逆量子化器 130 へ供給するよう信号経路を切り替える。

【0013】入力端子 101 より入力する入力信号 X (ここではサンプリング周波数を 192 kHz、語長を 24 ビットとしている) を加算器 110 を通じて非一様量子化器 120 に供給する。加算器 110 のもう一方の加算入力信号は帰還回路 150 から供給される量子化雑音 Q である。非一様量子化器 120 は入力される 24 ビットの信号を 16 ビットの信号に圧縮する。圧縮の方法については後述する。この圧縮した 16 ビットの信号は出力端子 102 から出力信号 W1 として出力して記録装置へ伝送するとともに、切替器 160 を介して逆量子化器 130 に入力する。逆量子化器 130 は非一様量子化器 120 の圧縮特性とは逆特性となるようにして逆量子化し 24 ビットの信号に伸長する。非一様量子化器 120 と逆量子化器 130 により再量子化した再量子化信号 Y1 は減算器 140 に入力する。減算器 140 は再量子化の入力信号と再量子化の出力信号との差信号すなわち量子化雑音 Q を出力する。この量子化雑音 Q は伝達特性 $H1(z)$ を有する帰還回路 150 で周波数およびまたは位相特性の変換を行い加算器 110 へ帰還する。再量子化信号 Y1 について式で表すと、

$$Y1 = X + (1 - H1(z)) * Q$$

となり、再量子化信号 Y1 は入力信号 X の成分と量子化雑音 Q の伝達特性 $H1(z)$ で帰還した成分の和となる。したがって伝達特性 $H1(z)$ によって量子化雑音 Q のスペクトル変換を行うことができる。これらのループにより $\Delta\Sigma$ 変調を行い所定のスペクトル変換を施し、非一様量子化器 120 で圧縮した 16 ビットの信号を出力端子 102 から出力信号 W1 として出力する。

【0014】出力信号 W1 は伝送装置、ここでは高密度光ディスクの書き込み装置 (図示せず) へ出力し、記録フォーマットを形成して高密度光ディスクの媒体 (図示せず) に記録する。この媒体を再生手段 (図示せず) で再生し復号信号を取り出す。ここで、再量子化信号 Y1 を出力信号 W1 を使って表すと、

$$Y1 = W1 * P^{-1}$$

信号 W1 を逆量子化器 130 で逆量子化すると再量子化信号 Y1 が得られるので、これと同等の入力信号 W2 を逆量子化器 130 で逆量子化することで逆量子化信号 Y2 を取り出し再生信号とすることができる。

【0015】これに基づいて復号時の動作を説明する。復号時にはモード制御信号 204 により切替器 160 を制御して、入力端子 201 から入力される復号入力信号 W2 を逆量子化器 130 へ供給するよう信号経路を切り

替える。入力信号 W2 は入力端子 201 から入力し逆量子化器 210 へ供給する。16 ビットの入力信号 W2 は逆量子化器 210 で非一様量子化器 120 の圧縮特性とは逆特性となるように逆量子化して 24 ビットの逆量子化信号 Y2 に伸長する。この 24 ビットの逆量子化信号 Y2 は符号時における再量子化信号 Y1 に相当する。すなわち $\Delta\Sigma$ 変調によってスペクトルを変換した量子化雑音 Q を含む信号となる。192 kHz、24 ビットの逆量子化信号 Y2 はデジタルフィルタ 220 において 2 倍オーバーサンプリング処理を行い、384 kHz、24 ビットの信号に変換して D/A コンバータ 230 に入力する。D/A コンバータ 230 がこの信号をアナログ信号に変換し、次いでローパスフィルタ 240 によって折り返し歪を除去して出力端子 203 からアナログ信号出力 A として出力する。デジタルフィルタ 220 とローパスフィルタ 240 とを合わせた総合特性でナイキスト周波数である 96 kHz 以上の成分を落とすものであれば良く、また、デジタルフィルタ 220 を用いず、逆量子化信号 Y2 を D/A コンバータ 230 において直接 D/A 変換する事も可能である。この場合にローパスフィルタ 240 は 96 kHz 以上の成分を急峻に遮断するものであることが好ましい。

【0016】以上のように全体を構成した実施例において、量子化雑音の諸特性について詳しく説明する。量子化雑音の原因は量子化刻みの粗さによって生じる誤差信号であるので、まず、量子化刻みの粗さの入力信号強度による制御と量子化雑音の関係、次に、 $\Delta\Sigma$ 変調による量子化雑音の周波数スペクトル制御について述べる。従来の $\Delta\Sigma$ 変調は固定語長の一様量子化器を用いるので信号強度にかかわらず略一定の丸め誤差となり、16 ビット信号であれば 98 dB のダイナミックレンジとなる。これに対し実施例では信号強度によって丸め誤差すなわち量子化雑音の大きさを変える方式を用いる。再量子化信号 Y1 は非一様量子化器 120 による非直線変換と逆量子化器 130 による逆変換により信号の大きさを不変としたまま、信号強度によって丸め誤差の大きさを変え、これに応じて量子化雑音の大きさを変えている。入力信号の小さい場合には 24 ビットで細かく量子化し、入力信号強度の増加にともなって徐々に粗く 23 ビット、22 ビットとし、入力信号強度が最大の場合は最も粗く 15 ビットで量子化するようにした。このため量子化雑音は入力信号強度が小の時最小となり 24 ビット精度すなわち 146 dB の瞬時 S/N 比とダイナミックレンジが得られる。入力信号強度が大きい時には 15 ビット精度すなわち 92 dB の瞬時 S/N 比となる。146 dB のダイナミックレンジの内、瞬時 S/N 比は入力信号強度によって 92 dB から 146 dB まで変化することになる。

【0017】図 3 は実施例における非一様量子化器 120 と逆量子化器 130 を組み合わせた場合の瞬時 S/N

比対入力信号強度の特性を示す図である。図中の縦軸は瞬時S/N比であり、瞬時S/N比は0Hzからナイキスト周波数である96kHzまでの信号帯域での信号対雑音歪み率である。図3から判るとおり従来の直線符号(16ビット)に比べて、入力レベルのほぼ全域に渡り瞬時S/N比を大幅に改善することができる。具体的な非一様量子化器120の圧縮方法としてはランレングス1/n圧縮フローティング符号を使用した。ランレングス1/n圧縮フローティング符号方法を説明する。

【0018】元データとなる直線符号の上位で所定論理のビットが連続する連続データQ0と、前記連続データQ0の連続性をブレイクする反転ビットT0と、前記反転ビットT0以降の下位データD0とで構成されるLビットの直線符号を入力し、前記連続データQ0のランレングスを圧縮して得られる圧縮連続データQ1と、前記圧縮連続データQ1の連続性をブレイクする反転ビットT1と、前記ランレングスを圧縮する時に生じる剰余F1を表す圧縮剰余データC1と、前記下位データD0を丸めて得る仮数データD1とで構成するMビットの圧縮データに変換して出力する。ただし、前記連続データQ0のランレングスをL0、前記圧縮連続データQ1のランレングスをL1、nを2以上の整数とすると、
 $L1 = \text{int}(L0/n)$
 $F1 = L0 \bmod n$
 とする。

【0019】また、逆量子化器130の逆量子化はランレングス1/n圧縮フローティング符号の逆変換を行うため、次の方法を使用した。上位で所定論理のビットが連続する圧縮連続データQ1、前記圧縮連続データQ1の連続性をブレイクする反転ビットT1、ランレングスを圧縮する時に生じる剰余F1を表す圧縮剰余データC1および仮数データD1によって構成する圧縮データをもとに、前記Q1のランレングスをn倍に伸長し、前記C1の値に応じた長さの連続データを付加し、Q0の連続性をブレイクする反転ビットT0を付加し、引き続き前記仮数データD1を付加して、連続データQ0、反転ビットT0および仮数データD0を読み出して伸長データを出力する。

【0020】ただし、前記連続データQ0のランレングスをL0、前記圧縮連続データQ1のランレングスをL1、圧縮剰余データC1から求める剰余をF1、nを2以上の整数とすると、
 $L0 = L1 * n + F1$
 $D0 = D1$
 とする。

【0021】以上のランレングス1/n圧縮フローティング符号の圧縮方法および圧縮装置および復号装置については、特開平4-286421号公報、特開平5-183445号公報および特開平5-284039号公報にそれぞれ具体的に記述されている。ここでは圧縮方法

の概要および特性を説明する。図4(a)は本発明の第1の実施例に使用したランレングス1/2圧縮フローティング符号の構成を示す概念図であり、図4(b)は直線符号(24ビット)をランレングス1/2圧縮フローティング符号(16ビット)に圧縮する符号変換を説明するための図である。以下、図に従って、まず圧縮(非一様量子化)の手順について説明する。

【0022】圧縮連続データQ1は連続データQ0のランレングスL0を2で除算して整数化したランレングスL1の長さを有する連続データである。すなわち、
 $L1 = \text{int}(L0/2)$
 である。また、整数除算の剰余項を圧縮剰余F1とすると、
 $F1 = L0 \bmod 2$
 である。

【0023】反転ビットT1は圧縮連続データQ1のランをブレイクする反転ビットである。圧縮剰余データC1は圧縮剰余F1を補数表現したものである。また、仮数データD1はデータD0の上位の部分データである。ランレングス1/2圧縮フローティング符号は、極性ビットP、圧縮連続データQ1、反転ビットT1、圧縮剰余データC1、仮数データD1の順に配置する。

【0024】以下、図4(b)に基づいてランレングスL0が「0」ないし「24」の場合について説明する。
 $L0 = 0$ の時、L1、F1は、
 $L1 = \text{int}(0/2) = 0$
 $F1 = 0 \bmod 2 = 0$
 である。

【0025】ランレングスL1が「0」であるので圧縮連続データQ1は無い。圧縮剰余データC1は「1」である。データD0は24ビットで、その内の上位13ビット「ABCDEFGHIJKLM」が仮数データD1である。ランレングス1/2圧縮フローティング符号は極性ビットP、反転ビットT1、圧縮剰余データC1および仮数データD1をこの順に配置して、「P11ABCDEFGHIJKLM」である。

【0026】同様に以下を求める。 $L0 = 1$ の時、
 $L1 = \text{int}(1/2) = 0$
 $F1 = 1 \bmod 2 = 1$
 より、圧縮連続データQ1は無く、圧縮剰余データC1は「0」である。データD0の上位13ビット「ABCDEFGHIJKLM」が仮数データD1である。ランレングス1/2圧縮フローティング符号は「P10ABCDEFGHIJKLM」である。

【0027】 $L0 = 2$ の時、
 $L1 = \text{int}(2/2) = 1$
 $F1 = 2 \bmod 2 = 0$
 より、連続データQ1は「0」であり、圧縮剰余データC1は「1」である。データD0の上位12ビット「ABCDEFGHIJKL」が仮数データD1である。ラ

ンレンジス1/2圧縮フローティング符号は「P011
ABCDEFGHIJKL」である。

【0028】 $L0=3$ の時、

$L1 = \text{int}(3/2) = 1$

$F1 = 3 \bmod 2 = 1$

より、連続データQ1は「0」であり、圧縮剰余データC1は「0」である。データD0の上位12ビット「ABCDEFGHIJKL」が仮数データD1である。ランレンジス1/2圧縮フローティング符号は「P010
ABCDEFGHIJKL」である。

【0029】また、 $L0=17$ の時、

$L1 = \text{int}(17/2) = 8$

$F1 = 17 \bmod 2 = 1$

より、連続データQ1は「00000000」であり、圧縮剰余データC1は「0」である。データD0の上位5ビット「ABCDE」が仮数データD1である。

【0030】従って、ランレンジス1/2圧縮フローティング符号は「P0000000010ABCDE」である。また、 $L0=18\sim 24$ の時は圧縮剰余データC1を省略して、

$L1 = \text{int}(18/2) = 9$

より、連続データQ1は「00000000」とし、データD0の上位5ビット「ABCDE」を仮数データD1にする。

【0031】従って、ランレンジス1/2圧縮フローティング符号は「P0000000001ABCDE」とする。このようにして、直線符号(24ビット)をランレンジス1/2圧縮フローティング符号(16ビット)に圧縮する。次に、伸長(逆量子化)の手順について説明する。

【0032】伸長の手順は、圧縮データから極性ビットPを除き、圧縮連続データQ1と反転ビットT1からラ

ンレンジスL1を得る。また、反転ビットT1の直後にある圧縮剰余データC1(1ビット)と仮数データD1を得る。圧縮剰余データC1を反転した圧縮剰余F1を得る。これらより、元データの連続データQ0のランレンジスL0は、

$L0 = 2 * L1 + F1$

から求める。

【0033】連続データQ0はランレンジスL0の長さの「0」を連ねて復元する。連続データQ0の後に反転ビットT0を付け、その後に仮数データD1を付加する。極性ビットPを先頭に付けて元データとするが、この符号長がW0に満たない時は仮数データD1の下位に固定値を充てて符号長をW0にする。この手順に従って、復号化の処理を行う。

【0034】例えば、 $L1=0$ かつ $F1=0$ の時、

$L0 = 2 * 0 + 0 = 0$

であるから、連続データQ0は無く、仮数データD1は13ビットで「ABCDEFGHIJKLM」である。このとき、元データは、極性ビットP、反転ビットT0および仮数データD1をならべて、「P1ABCDEFGHIJKLM*****」となる。なお、伸長時のオフセット歪みを最小にするため「***・・・」は固定値「011・・・」または「100・・・」を充てる。

【0035】このようにして、ランレンジス1/2圧縮フローティング符号(16ビット)から直線符号(24ビット)を伸長復号化して逆量子化を行う。以上と同様に、全ての場合についてまとめた結果を(表1)に示す。

【0036】

【表1】

非一様量子化器入力		非一様量子化器出力W		分解能
直線符号 24ビット		ランレングス1/2圧縮 フローティング符号 16ビット		
LO	AAAAAAAAAAAAAAAAAAAA 000000000111111112222 012345678901234567890123 (MSB) (LSB)	LI	BBBBBBBBBBBBBBBB 00000000011111 0123456789012345 (MSB) (LSB)	
0	P[0]ABCDEF GHIJ KLM*****	0	P[0]ABCDEF GHIJ KLM	15
1	P[0]ABCDEF GHIJ KLM*****	0	P[0]ABCDEF GHIJ KLM	16
2	P[00]ABCDEF GHIJ KLM*****	1	P[0]ABCDEF GHIJ KLM	16
3	P[00]ABCDEF GHIJ KLM*****	1	P[0]ABCDEF GHIJ KLM	17
4	P[000]ABCDEF GHIJ KLM*****	2	P[0]ABCDEF GHIJ KLM	17
5	P[000]ABCDEF GHIJ KLM*****	2	P[0]ABCDEF GHIJ KLM	18
6	P[0000]ABCDEF GHIJ KLM*****	3	P[00]ABCDEF GHIJ KLM	18
7	P[0000]ABCDEF GHIJ KLM*****	3	P[00]ABCDEF GHIJ KLM	19
8	P[00000]ABCDEF GHIJ KLM*****	4	P[000]ABCDEF GHIJ KLM	19
9	P[00000]ABCDEF GHIJ KLM*****	4	P[000]ABCDEF GHIJ KLM	20
10	P[000000]ABCDEF GHIJ KLM*****	5	P[0000]ABCDEF GHIJ KLM	20
11	P[000000]ABCDEF GHIJ KLM*****	5	P[0000]ABCDEF GHIJ KLM	21
12	P[0000000]ABCDEF GHIJ KLM*****	6	P[00000]ABCDEF GHIJ KLM	21
13	P[0000000]ABCDEF GHIJ KLM*****	6	P[00000]ABCDEF GHIJ KLM	22
14	P[00000000]ABCDEF GHIJ KLM*****	7	P[000000]ABCDEF GHIJ KLM	22
15	P[00000000]ABCDEF GHIJ KLM*****	7	P[000000]ABCDEF GHIJ KLM	23
16	P[000000000]ABCDEF GHIJ KLM*****	8	P[0000000]ABCDEF GHIJ KLM	23
17	P[000000000]ABCDEF GHIJ KLM*****	8	P[0000000]ABCDEF GHIJ KLM	24
18	P[0000000000]ABCDEF GHIJ KLM*****	9	P[00000000]ABCDEF GHIJ KLM	24

【0037】(表1)において、直線符号(24ビット)は折り返し2進符号であり、フローティング符号は折り返し型のランレングス1/2圧縮フローティング符号である。ランレングスL0、ランレングスL1および分解能の欄は10進数の表記である。圧縮符号(非一様量子化信号)を復号(逆量子化)して伸長した復元符号(逆量子化信号)の表現精度すなわち分解能は直線符号の丸めで決定され、ランレングスL0によって変化する *30

*る。(表1)より、明らかなように最高24ビットないし15ビットの精度が得られる。

【0038】また、DSPによる数式変換やテーブル変換に適するようにまとめた結果を(表2)および(表3)に示す。

【0039】

【表2】

直線符号	$X = A00 \cdot 2^0 + A01 \cdot 2^{-1} + A02 \cdot 2^{-2} + \dots + A23 \cdot 2^{-23}$
(MSB)	(LSB)
圧縮符号	$W = B00, B01, B02, \dots, B15$
(MSB)	(LSB)

IF $2^{-1} \leq X $	then $ W = 2^{-1} + 2^{-1} * X $
IF $2^{-2} \leq X < 2^{-1}$	then $ W = 2^{-2} + 1 * X $
IF $2^{-3} \leq X < 2^{-2}$	then $ W = 2^{-3} + 2^{-1} * X $
IF $2^{-4} \leq X < 2^{-3}$	then $ W = 2^{-4} + 2^{-2} * X $
IF $2^{-5} \leq X < 2^{-4}$	then $ W = 2^{-5} + 2^{-3} * X $
IF $2^{-6} \leq X < 2^{-5}$	then $ W = 2^{-6} + 2^{-4} * X $
IF $2^{-7} \leq X < 2^{-6}$	then $ W = 2^{-7} + 2^{-5} * X $
IF $2^{-8} \leq X < 2^{-7}$	then $ W = 2^{-8} + 2^{-6} * X $
IF $2^{-9} \leq X < 2^{-8}$	then $ W = 2^{-9} + 2^{-7} * X $
IF $2^{-10} \leq X < 2^{-9}$	then $ W = 2^{-10} + 2^{-8} * X $
IF $2^{-11} \leq X < 2^{-10}$	then $ W = 2^{-11} + 2^{-9} * X $
IF $2^{-12} \leq X < 2^{-11}$	then $ W = 2^{-12} + 2^{-10} * X $
IF $2^{-13} \leq X < 2^{-12}$	then $ W = 2^{-13} + 2^{-11} * X $
IF $2^{-14} \leq X < 2^{-13}$	then $ W = 2^{-14} + 2^{-12} * X $
IF $2^{-15} \leq X < 2^{-14}$	then $ W = 2^{-15} + 2^{-13} * X $
IF $2^{-16} \leq X < 2^{-15}$	then $ W = 2^{-16} + 2^{-14} * X $
IF $2^{-17} \leq X < 2^{-16}$	then $ W = 2^{-17} + 2^{-15} * X $
IF $2^{-18} \leq X < 2^{-17}$	then $ W = 2^{-18} + 2^{-16} * X $
IF $2^{-19} \leq X < 2^{-18}$	then $ W = 2^{-19} + 2^{-17} * X $
IF $2^{-20} \leq X < 2^{-19}$	then $ W = 2^{-20} + 2^{-18} * X $
IF $2^{-21} \leq X < 2^{-20}$	then $ W = 2^{-21} + 2^{-19} * X $
IF $2^{-22} \leq X < 2^{-21}$	then $ W = 2^{-22} + 2^{-20} * X $
IF $2^{-23} \leq X < 2^{-22}$	then $ W = 2^{-23} + 2^{-21} * X $
IF $2^{-24} \leq X < 2^{-23}$	then $ W = 2^{-24} + 2^{-22} * X $
IF $2^{-25} \leq X < 2^{-24}$	then $ W = 2^{-25} + 2^{-23} * X $
IF $2^{-26} \leq X < 2^{-25}$	then $ W = 2^{-26} + 2^{-24} * X $
IF $2^{-27} \leq X < 2^{-26}$	then $ W = 2^{-27} + 2^{-25} * X $
IF $2^{-28} \leq X < 2^{-27}$	then $ W = 2^{-28} + 2^{-26} * X $
IF $2^{-29} \leq X < 2^{-28}$	then $ W = 2^{-29} + 2^{-27} * X $
IF $2^{-30} \leq X < 2^{-29}$	then $ W = 2^{-30} + 2^{-28} * X $
IF $2^{-31} \leq X < 2^{-30}$	then $ W = 2^{-31} + 2^{-29} * X $
IF $2^{-32} \leq X < 2^{-31}$	then $ W = 2^{-32} + 2^{-30} * X $
IF $2^{-33} \leq X < 2^{-32}$	then $ W = 2^{-33} + 2^{-31} * X $
IF $2^{-34} \leq X < 2^{-33}$	then $ W = 2^{-34} + 2^{-32} * X $
IF $2^{-35} \leq X < 2^{-34}$	then $ W = 2^{-35} + 2^{-33} * X $
IF $2^{-36} \leq X < 2^{-35}$	then $ W = 2^{-36} + 2^{-34} * X $
IF $2^{-37} \leq X < 2^{-36}$	then $ W = 2^{-37} + 2^{-35} * X $
IF $2^{-38} \leq X < 2^{-37}$	then $ W = 2^{-38} + 2^{-36} * X $
IF $2^{-39} \leq X < 2^{-38}$	then $ W = 2^{-39} + 2^{-37} * X $
IF $2^{-40} \leq X < 2^{-39}$	then $ W = 2^{-40} + 2^{-38} * X $
IF $2^{-41} \leq X < 2^{-40}$	then $ W = 2^{-41} + 2^{-39} * X $
IF $2^{-42} \leq X < 2^{-41}$	then $ W = 2^{-42} + 2^{-40} * X $
IF $2^{-43} \leq X < 2^{-42}$	then $ W = 2^{-43} + 2^{-41} * X $
IF $2^{-44} \leq X < 2^{-43}$	then $ W = 2^{-44} + 2^{-42} * X $
IF $2^{-45} \leq X < 2^{-44}$	then $ W = 2^{-45} + 2^{-43} * X $
IF $2^{-46} \leq X < 2^{-45}$	then $ W = 2^{-46} + 2^{-44} * X $
IF $2^{-47} \leq X < 2^{-46}$	then $ W = 2^{-47} + 2^{-45} * X $
IF $2^{-48} \leq X < 2^{-47}$	then $ W = 2^{-48} + 2^{-46} * X $
IF $2^{-49} \leq X < 2^{-48}$	then $ W = 2^{-49} + 2^{-47} * X $
IF $2^{-50} \leq X < 2^{-49}$	then $ W = 2^{-50} + 2^{-48} * X $
IF $2^{-51} \leq X < 2^{-50}$	then $ W = 2^{-51} + 2^{-49} * X $
IF $2^{-52} \leq X < 2^{-51}$	then $ W = 2^{-52} + 2^{-50} * X $
IF $2^{-53} \leq X < 2^{-52}$	then $ W = 2^{-53} + 2^{-51} * X $
IF $2^{-54} \leq X < 2^{-53}$	then $ W = 2^{-54} + 2^{-52} * X $
IF $2^{-55} \leq X < 2^{-54}$	then $ W = 2^{-55} + 2^{-53} * X $
IF $2^{-56} \leq X < 2^{-55}$	then $ W = 2^{-56} + 2^{-54} * X $
IF $2^{-57} \leq X < 2^{-56}$	then $ W = 2^{-57} + 2^{-55} * X $
IF $2^{-58} \leq X < 2^{-57}$	then $ W = 2^{-58} + 2^{-56} * X $
IF $2^{-59} \leq X < 2^{-58}$	then $ W = 2^{-59} + 2^{-57} * X $
IF $2^{-60} \leq X < 2^{-59}$	then $ W = 2^{-60} + 2^{-58} * X $
IF $2^{-61} \leq X < 2^{-60}$	then $ W = 2^{-61} + 2^{-59} * X $
IF $2^{-62} \leq X < 2^{-61}$	then $ W = 2^{-62} + 2^{-60} * X $
IF $2^{-63} \leq X < 2^{-62}$	then $ W = 2^{-63} + 2^{-61} * X $
IF $2^{-64} \leq X < 2^{-63}$	then $ W = 2^{-64} + 2^{-62} * X $
IF $2^{-65} \leq X < 2^{-64}$	then $ W = 2^{-65} + 2^{-63} * X $
IF $2^{-66} \leq X < 2^{-65}$	then $ W = 2^{-66} + 2^{-64} * X $
IF $2^{-67} \leq X < 2^{-66}$	then $ W = 2^{-67} + 2^{-65} * X $
IF $2^{-68} \leq X < 2^{-67}$	then $ W = 2^{-68} + 2^{-66} * X $
IF $2^{-69} \leq X < 2^{-68}$	then $ W = 2^{-69} + 2^{-67} * X $
IF $2^{-70} \leq X < 2^{-69}$	then $ W = 2^{-70} + 2^{-68} * X $
IF $2^{-71} \leq X < 2^{-70}$	then $ W = 2^{-71} + 2^{-69} * X $
IF $2^{-72} \leq X < 2^{-71}$	then $ W = 2^{-72} + 2^{-70} * X $
IF $2^{-73} \leq X < 2^{-72}$	then $ W = 2^{-73} + 2^{-71} * X $
IF $2^{-74} \leq X < 2^{-73}$	then $ W = 2^{-74} + 2^{-72} * X $
IF $2^{-75} \leq X < 2^{-74}$	then $ W = 2^{-75} + 2^{-73} * X $
IF $2^{-76} \leq X < 2^{-75}$	then $ W = 2^{-76} + 2^{-74} * X $
IF $2^{-77} \leq X < 2^{-76}$	then $ W = 2^{-77} + 2^{-75} * X $
IF $2^{-78} \leq X < 2^{-77}$	then $ W = 2^{-78} + 2^{-76} * X $
IF $2^{-79} \leq X < 2^{-78}$	then $ W = 2^{-79} + 2^{-77} * X $
IF $2^{-80} \leq X < 2^{-79}$	then $ W = 2^{-80} + 2^{-78} * X $
IF $2^{-81} \leq X < 2^{-80}$	then $ W = 2^{-81} + 2^{-79} * X $
IF $2^{-82} \leq X < 2^{-81}$	then $ W = 2^{-82} + 2^{-80} * X $
IF $2^{-83} \leq X < 2^{-82}$	then $ W = 2^{-83} + 2^{-81} * X $
IF $2^{-84} \leq X < 2^{-83}$	then $ W = 2^{-84} + 2^{-82} * X $
IF $2^{-85} \leq X < 2^{-84}$	then $ W = 2^{-85} + 2^{-83} * X $
IF $2^{-86} \leq X < 2^{-85}$	then $ W = 2^{-86} + 2^{-84} * X $
IF $2^{-87} \leq X < 2^{-86}$	then $ W = 2^{-87} + 2^{-85} * X $
IF $2^{-88} \leq X < 2^{-87}$	then $ W = 2^{-88} + 2^{-86} * X $
IF $2^{-89} \leq X < 2^{-88}$	then $ W = 2^{-89} + 2^{-87} * X $
IF $2^{-90} \leq X < 2^{-89}$	then $ W = 2^{-90} + 2^{-88} * X $
IF $2^{-91} \leq X < 2^{-90}$	then $ W = 2^{-91} + 2^{-89} * X $
IF $2^{-92} \leq X < 2^{-91}$	then $ W = 2^{-92} + 2^{-90} * X $
IF $2^{-93} \leq X < 2^{-92}$	then $ W = 2^{-93} + 2^{-91} * X $
IF $2^{-94} \leq X < 2^{-93}$	then $ W = 2^{-94} + 2^{-92} * X $
IF $2^{-95} \leq X < 2^{-94}$	then $ W = 2^{-95} + 2^{-93} * X $
IF $2^{-96} \leq X < 2^{-95}$	then $ W = 2^{-96} + 2^{-94} * X $
IF $2^{-97} \leq X < 2^{-96}$	then $ W = 2^{-97} + 2^{-95} * X $
IF $2^{-98} \leq X < 2^{-97}$	then $ W = 2^{-98} + 2^{-96} * X $
IF $2^{-99} \leq X < 2^{-98}$	then $ W = 2^{-99} + 2^{-97} * X $
IF $2^{-100} \leq X < 2^{-99}$	then $ W = 2^{-100} + 2^{-98} * X $
IF $2^{-101} \leq X < 2^{-100}$	then $ W = 2^{-101} + 2^{-99} * X $
IF $2^{-102} \leq X < 2^{-101}$	then $ W = 2^{-102} + 2^{-100} * X $
IF $2^{-103} \leq X < 2^{-102}$	then $ W = 2^{-103} + 2^{-101} * X $
IF $2^{-104} \leq X < 2^{-103}$	then $ W = 2^{-104} + 2^{-102} * X $
IF $2^{-105} \leq X < 2^{-104}$	then $ W = 2^{-105} + 2^{-103} * X $
IF $2^{-106} \leq X < 2^{-105}$	then $ W = 2^{-106} + 2^{-104} * X $
IF $2^{-107} \leq X < 2^{-106}$	then $ W = 2^{-107} + 2^{-105} * X $
IF $2^{-108} \leq X < 2^{-107}$	then $ W = 2^{-108} + 2^{-106} * X $
IF $2^{-109} \leq X < 2^{-108}$	then $ W = 2^{-109} + 2^{-107} * X $
IF $2^{-110} \leq X < 2^{-109}$	then $ W = 2^{-110} + 2^{-108} * X $
IF $2^{-111} \leq X < 2^{-110}$	then $ W = 2^{-111} + 2^{-109} * X $
IF $2^{-112} \leq X < 2^{-111}$	then $ W = 2^{-112} + 2^{-110} * X $
IF $2^{-113} \leq X < 2^{-112}$	then $ W = 2^{-113} + 2^{-111} * X $
IF $2^{-114} \leq X < 2^{-113}$	then $ W = 2^{-114} + 2^{-112} * X $
IF $2^{-115} \leq X < 2^{-114}$	then $ W = 2^{-115} + 2^{-113} * X $
IF $2^{-116} \leq X < 2^{-115}$	then $ W = 2^{-116} + 2^{-114} * X $
IF $2^{-117} \leq X < 2^{-116}$	then $ W = 2^{-117} + 2^{-115} * X $
IF $2^{-118} \leq X < 2^{-117}$	then $ W = 2^{-118} + 2^{-116} * X $
IF $2^{-119} \leq X < 2^{-118}$	then $ W = 2^{-119} + 2^{-117} * X $
IF $2^{-120} \leq X < 2^{-119}$	then $ W = 2^{-120} + 2^{-118} * X $
IF $2^{-121} \leq X < 2^{-120}$	then $ W = 2^{-121} + 2^{-119} * X $
IF $2^{-122} \leq X < 2^{-121}$	then $ W = 2^{-122} + 2^{-120} * X $
IF $2^{-123} \leq X < 2^{-122}$	then $ W = 2^{-123} + 2^{-121} * X $
IF $2^{-124} \leq X < 2^{-123}$	then $ W = 2^{-124} + 2^{-122} * X $
IF $2^{-125} \leq X < 2^{-124}$	then $ W = 2^{-125} + 2^{-123} * X $
IF $2^{-126} \leq X < 2^{-125}$	then $ W = 2^{-126} + 2^{-124} * X $
IF $2^{-127} \leq X < 2^{-126}$	then $ W = 2^{-127} + 2^{-125} * X $
IF $2^{-128} \leq X < 2^{-127}$	then $ W = 2^{-128} + 2^{-126} * X $
IF $2^{-129} \leq X < 2^{-128}$	then $ W = 2^{-129} + 2^{-127} * X $
IF $2^{-130} \leq X < 2^{-129}$	then $ W = 2^{-130} + 2^{-128} * X $
IF $2^{-131} \leq X < 2^{-130}$	then $ W = 2^{-131} + 2^{-129} * X $
IF $2^{-132} \leq X < 2^{-131}$	then $ W = 2^{-132} + 2^{-130} * X $
IF $2^{-133} \leq X < 2^{-132}$	then $ W = 2^{-133} + 2^{-131} * X $
IF $2^{-134} \leq X < 2^{-133}$	then $ W = 2^{-134} + 2^{-132} * X $
IF $2^{-135} \leq X < 2^{-134}$	then $ W = 2^{-135} + 2^{-133} * X $
IF $2^{-136} \leq X < 2^{-135}$	then $ W = 2^{-136} + 2^{-134} * X $
IF $2^{-137} \leq X < 2^{-136}$	then $ W = 2^{-137} + 2^{-135} * X $
IF $2^{-138} \leq X < 2^{-137}$	then $ W = 2^{-138} + 2^{-136} * X $
IF $2^{-139} \leq X < 2^{-138}$	then $ W = 2^{-139} + 2^{-137} * X $
IF $2^{-140} \leq X < 2^{-139}$	then $ W = 2^{-140} + 2^{-138} * X $
IF $2^{-141} \leq X < 2^{-140}$	then $ W = 2^{-141} + 2^{-139} * X $
IF $2^{-142} \leq X < 2^{-141}$	then $ W = 2^{-142} + 2^{-140} * X $
IF $2^{-143} \leq X < 2^{-142}$	then $ W = 2^{-143} + 2^{-141} * X $
IF $2^{-144} \leq X < 2^{-143}$	then $ W = 2^{-144} + 2^{-142} * X $
IF $2^{-145} \leq X < 2^{-144}$	then $ W = 2^{-145} + 2^{-143} * X $
IF $2^{-146} \leq X < 2^{-145}$	then $ W = 2^{-146} + 2^{-144} * X $
IF $2^{-147} \leq X < 2^{-146}$	then $ W = 2^{-147} + 2^{-145} * X $
IF $2^{-148} \leq X < 2^{-147}$	then $ W = 2^{-148} + 2^{-146} * X $
IF $2^{-149} \leq X < 2^{-148}$	then $ W = 2^{-149} + 2^{-147} * X $
IF $2^{-150} \leq X < 2^{-149}$	then $ W = 2^{-150} + 2^{-148} * X $
IF $2^{-151} \leq X < 2^{-150}$	then $ W = 2^{-151} + 2^{-149} * X $
IF $2^{-152} \leq X < 2^{-151}$	then $ W = 2^{-152} + 2^{-150} * X $
IF $2^{-153} \leq X < 2^{-152}$	then $ W = 2^{-153} + 2^{-151} * X $
IF $2^{-154} \leq X < 2^{-153}$	then $ W = 2^{-154} + 2^{-152} * X $
IF $2^{-155} \leq X < 2^{-154}$	then $ W = 2^{-155} + 2^{-153} * X $
IF $2^{-156} \leq X < 2^{-155}$	then $ W = 2^{-156} + 2^{-154} * X $
IF $2^{-157} \leq X < 2^{-156}$	then $ W = 2^{-157} + 2^{-155} * X $
IF $2^{-158} \leq X < 2^{-157}$	then $ W = 2^{-158} + 2^{-156} * X $
IF $2^{-159} \leq X < 2^{-158}$	then $ W = 2^{-159} + 2^{-157} * X $
IF $2^{-160} \leq X < 2^{-159}$	then $ W = 2^{-160} + 2^{-158} * X $
IF $2^{-161} \leq X < 2^{-160}$	then $ W = 2^{-161} + 2^{-159} * X $
IF $2^{-162} \leq X < 2^{-161}$	then $ W = 2^{-162} + 2^{-160} * X $
IF $2^{-163} \leq X < 2^{-162}$	then $ W = 2^{-163} + 2^{-161} * X $
IF $2^{-164} \leq X < 2^{-163}$	then $ W = 2^{-164} + 2^{-162} * X $
IF $2^{-165} \leq X < 2^{-164}$	then $ W = 2^{-165} + 2^{-163} * X $
IF $2^{-166} \leq X < 2^{-165}$	then $ W = 2^{-166} + 2^{-164} * X $
IF $2^{-167} \leq X < 2^{-166}$	then $ W = 2^{-167} + 2^{-165} * X $
IF $2^{-168} \leq X < 2^{-167}$	then $ W = 2^{-168} + 2^{-166} * X $
IF $2^{-169} \leq X < 2^{-168}$	then $ W = 2^{-169} + 2^{-167} * X $
IF $2^{-170} \leq X < 2^{-169}$	then $ W = 2^{-170} + 2^{-168} * X $
IF $2^{-171} \leq X < 2^{-170}$	then $ W = 2^{-171} + 2^{-169} * X $

圧縮符号	$W = B00, B01, B02, \dots, B15$	
	(MSB)	(LSB)
再量子化信号	$Y = C00, C01, C02, \dots, C23$	
	(MSB)	(LSB)
$\begin{array}{ll} \text{IF } 2^{-1} + 2^{-2} \leq W & \text{then } Y = (W - 2^{-1}) * 2^{-1} \\ \text{IF } 2^{-2} + 2^{-3} \leq W < 2^{-1} + 2^{-2} & \text{then } Y = (W - 2^{-2}) * 1 \\ \text{IF } 2^{-3} + 2^{-4} \leq W < 2^{-2} + 2^{-3} & \text{then } Y = (W - 2^{-3}) * 2^{-1} \\ \text{IF } 2^{-4} + 2^{-5} \leq W < 2^{-3} + 2^{-4} & \text{then } Y = (W - 2^{-4}) * 2^{-2} \\ \text{IF } 2^{-5} + 2^{-6} \leq W < 2^{-4} + 2^{-5} & \text{then } Y = (W - 2^{-5}) * 2^{-3} \\ \text{IF } 2^{-6} + 2^{-7} \leq W < 2^{-5} + 2^{-6} & \text{then } Y = (W - 2^{-6}) * 2^{-4} \\ \text{IF } 2^{-7} + 2^{-8} \leq W < 2^{-6} + 2^{-7} & \text{then } Y = (W - 2^{-7}) * 2^{-5} \\ \text{IF } 2^{-8} + 2^{-9} \leq W < 2^{-7} + 2^{-8} & \text{then } Y = (W - 2^{-8}) * 2^{-6} \\ \text{IF } 2^{-9} + 2^{-10} \leq W < 2^{-8} + 2^{-9} & \text{then } Y = (W - 2^{-9}) * 2^{-7} \\ \text{IF } 0 \leq W < 2^{-9} + 2^{-10} & \text{then } Y = (W - 2^{-10}) * 2^{-9} \end{array}$		

【0041】(表2)は非一様量子化の変換表であつて、Xは非一様量子化の入力符号、Wは非一様量子化の出力符号である。Wの符号長が16を超える場合は16に丸める。Xの符号長が不足する場合は下位に”0”を挿入する。(表3)は逆量子化すなわち再量子化の変換表であつて、Wは圧縮符号、Y1は再量子化の出力符号すなわち再量子化信号Y1である。Y1の符号長が24を超える場合は24に丸め、Y1の符号長が不足する場合は下位に”0, 1, 1, 1, …”または”1, 0, 0, 0, …”を挿入する。

【0042】ここで、直線符号を入力として、ランレングス1/2圧縮フローティング符号を用いて圧縮符号化(非一様量子化)し、この符号を復号して伸長(逆量子化)した再量子化信号を出力する場合の瞬時S/N比について説明する。ただし、以降の説明では簡単のため瞬時S/N比は矩形波のS/N比向上分(約2dB)を省略する。入力レベルは符号で表現できる最大の正弦波の振幅を基準(0dB)にする。直線符号の「P1111…」がこれに相当する。

【0043】入力レベル0dBないし-6dBの範囲は、直線符号で「P1ABC…」であり、(表1)より分解能は15ビットである。15ビットデータの量子化ノイズは1ビット当り-6dBとして-90dBになる。従つて、入力レベル0dBないし-6dBの領域で瞬時S/N比は90dBないし84dBとなる。入力レベル-6dBないし-18dBの範囲では直線符号で「P01ABC…」または「P001ABC…」となり、(表1)より分解能は16ビットである。16ビットデータの量子化ノイズは-96dBであるので、瞬時S/N比は90dBないし78dBとなる。

【0044】入力レベル-18dBないし-30dBの範囲では直線符号で「P0001ABC…」または「P00001ABC…」となり、(表1)より分解能は17ビットである。17ビットデータの量子化ノ

イズは-102dBであるので、瞬時S/N比は84dBないし72dBとなる。以下同様に、-144dBまでの入力レベル領域で瞬時S/N比を求める。

20 【0045】前記でも引用した図3はランレングス1/2圧縮フローティング符号を用いた圧縮符号(非一様量子化信号)を復号して伸長(逆量子化)した再量子化信号の瞬時S/N比を表す特性図である。同図の横軸に入力レベル、縦軸に瞬時S/N比を示す。瞬時S/N比の改善は入力レベル-18dBから-144dBの広範囲にわたり作用することがわかる。入力レベル0dBから-6dBの範囲で瞬時S/N比が劣化するが、高々6dBの劣化であり、なお90dBないし84dBの瞬時S/N比を有する。

30 【0046】なお、以上説明した実施例では、ランレングス1/n圧縮フローティング符号を用い直線符号は折り返し2進符号としたが、2' Sコンプリメンタリ符号やオフセットバイナリ符号など他の直線符号であつても、相互に変換するかまたは所定の論理値を変更するだけで、全く同様に適用できる。また、nは「2」の場合だけについて説明したが、nは「2以上」の整数であれば何でもよい。この場合、nの値に応じて圧縮剰余の場合の数が変わるので、圧縮剰余データの語長を変えればよいことは言うまでもない。また装置は回路で構成する

40 以外に、テーブル変換やデータ変換を行うDSP(デジタルシグナルプロセッサ)のハードウェアおよびソフトウェアで構成してもよい。

【0047】このように、元データのランレングスが小さい時は指数部すなわちレンジを少ないビット数で表し、ランレングスが大きくなるとビット数を割り当てて指数部すなわちレンジを多くのビット数で表す。符号全体の語長を固定長とするので、仮数部のビット数はランレングスに応じて変化する。これらの作用により、出力部から出力する圧縮符号の有するレンジの表現空間が拡張され、同時に表現精度を改善できる。

【0048】瞬時 S/N 比の人間の聴覚限界は90dB以下であるのでこれでもほぼ十分ではあるが、後世に遺す文化遺産として究極のオーディオを標榜し一点の曇りもない完璧な信号記録伝送の実現や、あるいはスタジオレコーディングの場合のヘッドルームの確保と編集段階でミキシングや音響効果処理に必要なマージンが必要なことなどを考え合わせると、可聴帯域ないでの瞬時 S/N 比として120dB程度以上を確保することが望ましい。

【0049】そこで、次に量子化雑音の周波数スペクトルについて説明する。前記した通り、符号復号装置出力の24ビットの逆量子化信号 Y_2 は再量子化信号 Y_1 に*

*相当する。すなわち $\Delta\Sigma$ 変調によりスペクトル変換を施された量子化雑音 Q を有する信号となる。本発明の第1の実施例では、帰還回路150の伝達特性 $H_1(z)$ として5次のものを用いたので、帰還無し(0次)の場合に比べ20kHzまでの可聴帯域における瞬時 S/N 比及びダイナミックレンジは約28dBの改善を図ることができた。10kHzまでの可聴帯域帯域では58dBの改善ができる。(表4)にサンプリング周波数192kHzにおいてビット数と伝達特性 $H_1(z)$ の次数と瞬時 S/N 比の関係を示す。

【0050】

【表4】

f s [kHz]	bit 数	H1(z) 次数	DC~当該周波数までの瞬時 S/N 比 (dB)								
			周波数 [kHz]								
			10	20	30	40	50	60	70	80	90
192	15	0	98	95	93	92	91	90	89	89	88
192	24	5	210	177	157	144	133	124	117	111	105
192	21	5	192	159	139	126	115	106	99	93	87
192	18	5	174	141	121	108	97	88	81	75	69
192	15	5	156	123	103	90	79	70	63	57	51

【0051】また、図5は(表4)の特性を図示したものである。なお、(表4)および図5においての数値はウェーティングなし聴覚補正なしの瞬時 S/N 比特性である。実施例では5次の伝達特性 $H_1(z)$ を用いたが、伝達特性 $H_1(z)$ は更に高次のもの、或いは分数多項式となるようなものを用いても良い結果が得られる。このように $\Delta\Sigma$ 変調によって量子化雑音の周波数スペクトルを置換することができ、可聴帯域の瞬時 S/N 比とダイナミックレンジの改善ができる。この瞬時 S/N 比およびダイナミックレンジの改善は量子化雑音の大きな領域すなわち入力信号強度が大きい時に最大の効果を発揮する。つまり、非一様量子化によるダイナミックレンジの拡大作用と $\Delta\Sigma$ 変調による量子化雑音スペクトルの置換作用の相乗かつ補完的な交互作用により最大の効果を奏するものである。このように $\Delta\Sigma$ 変調によって量子化雑音の周波数スペクトルを置換することができ、低ビットレートで効率的にダイナミックレンジと周波数帯域の両方を拡大できる。

【0052】また、超高域成分のみの場合やそれを多く含む音源の場合には一般にそのレベルは小さいので144dB、24ビット精度で伝送でき、瞬時 S/N 比が十分確保され超高域のノイズフロアを低く抑えられる。さらに、信号レベルがある程度大きい時には量子化雑音が少し増加するが、このスペクトルは高域に置換され超高域ノイズフロアの上昇となるので、人間の脳波(α 波)の活性化およびリラクセスを促進する効果が得られる可能性がある。

【0053】また、符号時に、再量子化器に入力する信号と前記再量子化器の出力信号との量子化誤差信号また

は量子化雑音を所定の伝達特性 $H_1(z)$ を有する帰還回路を介して入力信号に合成し符号出力を得ると同時に、逆量子化器の出力信号を符号復号出力として取り出すようにすればこの出力を符号モニタ信号として有効に活用できる。この信号をデジタルフィルタ220、DAコンバータ230およびローパスフィルタ240を介してアナログ信号Aに変換して出力を得るようにしても良い。

【0054】また、復号時に、 $\Delta\Sigma$ 変調のループをオープンにすることで、符号動作に戻る場合の初期動作を短時間で安定にすることができる。図2はそのためにゲートを設けた本発明の第2の実施例を示すブロック図である。図中170はゲートであり入力端子204から入力されるモード制御信号によって復号時には $\Delta\Sigma$ 変調のループをオープンにし固定値"0"を与える。減算器140に入力される再量子化信号 Y_1 が"0"となり減算器140の出力は加算器110と同じになる。再量子化信号 Y_1 が"0"すなわちセンター値であるので、再び符号モードになった場合に系が早く安定になる確率が最も高い。本発明の第2の実施例では減算器140の前にゲート170を設けたが、ループをオープンにするポイントであればどこでもよく、また、1以上の複数箇所であっても初期値設定によるセトリング時間の短縮効果がある。

【0055】また、図1に示す符号復号装置でエンファシスをかけ、高域を強調して符号化しても良い。この場合は、例えば、音響入力をエンファシス回路(図示せず)を介して加算器110へ入力し、変換された音響信号とともにエンファシスのオン/オフを示すエンファシス識別信号をサブコードとして符号復号装置100から

出力する。復号時においては、エンファシス回路と逆の周波数特性を有するディエンファシス特性を逆量子化器 210、デジタルフィルタ 220、DAコンバータ 230、ローパスフィルタ 240のいずれかに畳み込み、あるいはディエンファシス回路（図示せず）を間に挿入し、サブコードとして取り出されたエンファシス識別信号（図示せず）に基づいてオン／オフさせる。これにより、例えば、 $\Delta\Sigma$ 変調によって超高域における量子化雑音がやや増加するのを抑えることができ、この特性カーブによって再生時の最大出力レベルを一定値以下に抑えることができる。特に、超高域スピーカは一般に耐入力電力が低いので、このような最大出力レベルの保護特性が有効である。

【0056】なお、帰還回路 150 の伝達関数 $H1(z)$ としては実施例に示したものでなくとも良いことは言うまでもなく、更に高次のもの、或いは分数多項式となるようなものを用いても良い。サンプリング周波数 192 kHz もこれに限定したものではなく、従来のサンプリング周波数 48 kHz より高ければ同様に効果の得られるものである。また、ランレングス $1/n$ 圧縮フローティング符号以外にダイナミックレンジを拡大する非一樣量子化であればよく、例えば μ 則 A 則を用いた圧縮符号であっても同様の効果が得られるものである。また、符号復号装置の入力、出力ビット数は 24、16 としたがこれに限定するものではない。

【0057】ディエンファシスに関しては、識別信号を伝送してオン／オフを切り換えるようにしても良いが、20 kHz を超える帯域の信号レベルはそれほど大きくないため、オンのモードのみとしても良い。また、入力信号 X はアナログ信号でもよく、この場合には加算器 110、減算器 140、帰還回路 150 アナログに代えることで同様の作用効果を奏する。

【0058】

【発明の効果】以上のべたように本発明は、非一樣量子化特性を有する非一樣量子化器とこれの逆特性を有する逆量子化器で構成した再量子化器に入力する信号と出力信号との量子化誤差信号または量子化雑音を所定の伝達特性を有する帰還回路を介して入力信号に合成するようにした。また、前記符号化された信号を前記逆量子化器で逆量子化した信号を再生するように構成したため、再量子化信号は非一樣量子化器による非直線変換と逆量子化器による逆変換により、信号強度によって丸め誤差すなわち量子化雑音の大きさが変化する作用がある。例えば入力信号の小さい場合には 24 ビットで細かく量子化し、入力信号強度の増加にともなって徐々に粗く 23 ビット、22 ビットとし、入力信号強度が最大の場合は最も粗く 15 ビットで量子化するようにできる。すなわち 146 dB のダイナミックレンジの内、瞬時 S/N 比を入力信号強度によって 92 dB から 146 dB まで変化させられる。この量子化雑音を帰還回路を介して入力信

号に合成することでスペクトル変換を行う作用が生じ、粗い量子化の入力信号強度の領域であっても、可聴帯域のダイナミックレンジを拡大できる効果を奏するものである。以上の効果の他に、以下のような具体的な作用効果がある。

【0059】（イ）チャンネルあたり 16 ビット 192 kHz の低ビットレートで、146 dB 以上の高ダイナミックレンジとナイキスト周波数 96 kHz の広帯域の両特性を同時に実現できる。微小レベルでの歪み率悪化を原因とする音の濁りが無くなり、20 kHz から 96 kHz までの超高域信号の原音再生ができるようになり、従来の 44.1 kHz 16 ビットの限られた再生空間から脱却し、限りなく透明で高域まで再生する自然な記録再生とこの信号を記録する媒体および再生音場を実現できる。

【0060】（ロ）チャンネルあたり 16 ビット 192 kHz の低ビットレートで、20 kHz までの可聴帯域内の信号対雑音歪み率を 123 dB ~ 177 dB までに改善できる。

（ハ）音楽信号の中の超音波帯域のエネルギーは小さいので、信号が超高域のみまたは超高域成分が主の場合には 24 ビット精度かつ瞬時 S/N 比 144 dB でロスレス符号化できる。このことにより、 $\Delta\Sigma$ 変調をかけた時でも、超高域のノイズフロアの上昇を抑えられる。

【0061】（ニ）可聴帯域レベルが十分に大きい時には、超高域ノイズフロアがそのレベルに応じて増加するので、 α 波を活性化する可能性のある超高域雑音成分が自動的に生成される。

（ホ）一般に超高域の最大耐入力とは中低域に比べて 10 ~ 20 dB 低い。そのため超高域の最大出力は 10 ~ 20 dB 低いことが好ましいが、エンファシス／ディエンファシス特性により超高域のノイズフロアの上昇を抑えるとともに超高域の最大出力を 10 ~ 20 dB 低く抑えることができるので、例えばスーパーツイータに不用意に高周波の強電力雑音を出力して焼損することを防止できる。しかもこの特性は自然に近いものであり、自然なスペクトル分布の音を再現できる。

【0062】（ヘ）符号時にも符号復号出力が得られ、符号モニタ信号として活用できる。

（ト）復号時に、 $\Delta\Sigma$ 変調のループをオープンにすることで、符号動作に戻る場合の初期動作を短時間で安定にすることができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】本発明の第 1 の実施例における符号復号装置を表すブロック図

【図 2】本発明の第 2 の実施例における符号復号装置を表すブロック図

【図 3】非一樣量子化器および逆量子化器の瞬時 S/N 比特性を示す特性図

【図 4】（a）はランレングス $1/2$ 圧縮フローティン

10

20

30

40

50

グ符号の構成を示す概念図

(b) は直線符号 (24ビット) をランレングス 1/2 圧縮フローティング符号 (16ビット) に圧縮する符号変換を説明するための説明図

【図5】 同実施例における符号復号装置のビット数と伝達特性 $H1(z)$ の次数と瞬時 S/N 比の関係を示す特性図

【符号の説明】

100 符号復号装置

110 加算器

120 非一様量子化器

130 逆量子化器

140 減算器

150 帰還回路

160 切替器

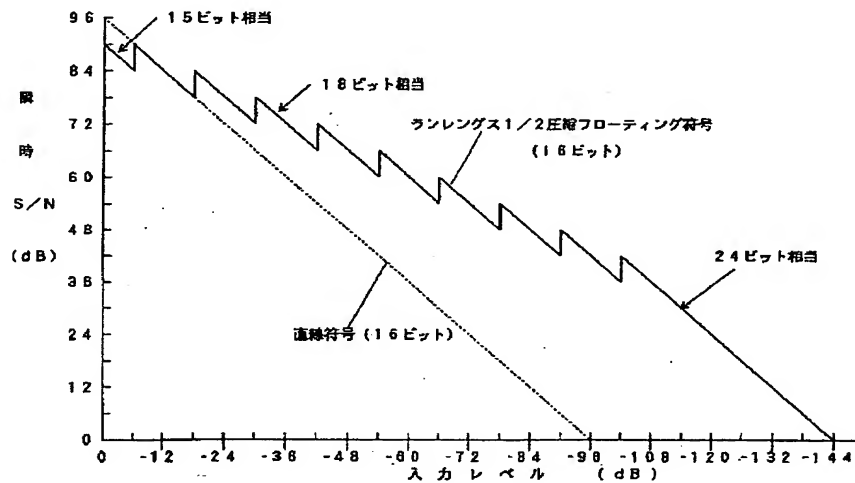
170 ゲート

220 デジタルフィルタ

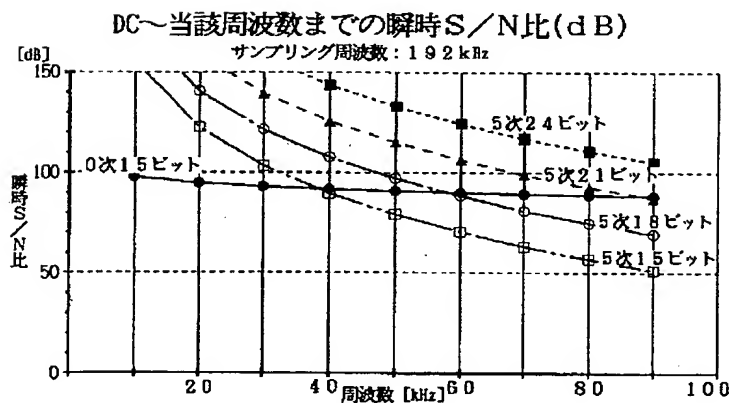
230 DAコンバータ

240 ローパスフィルタ

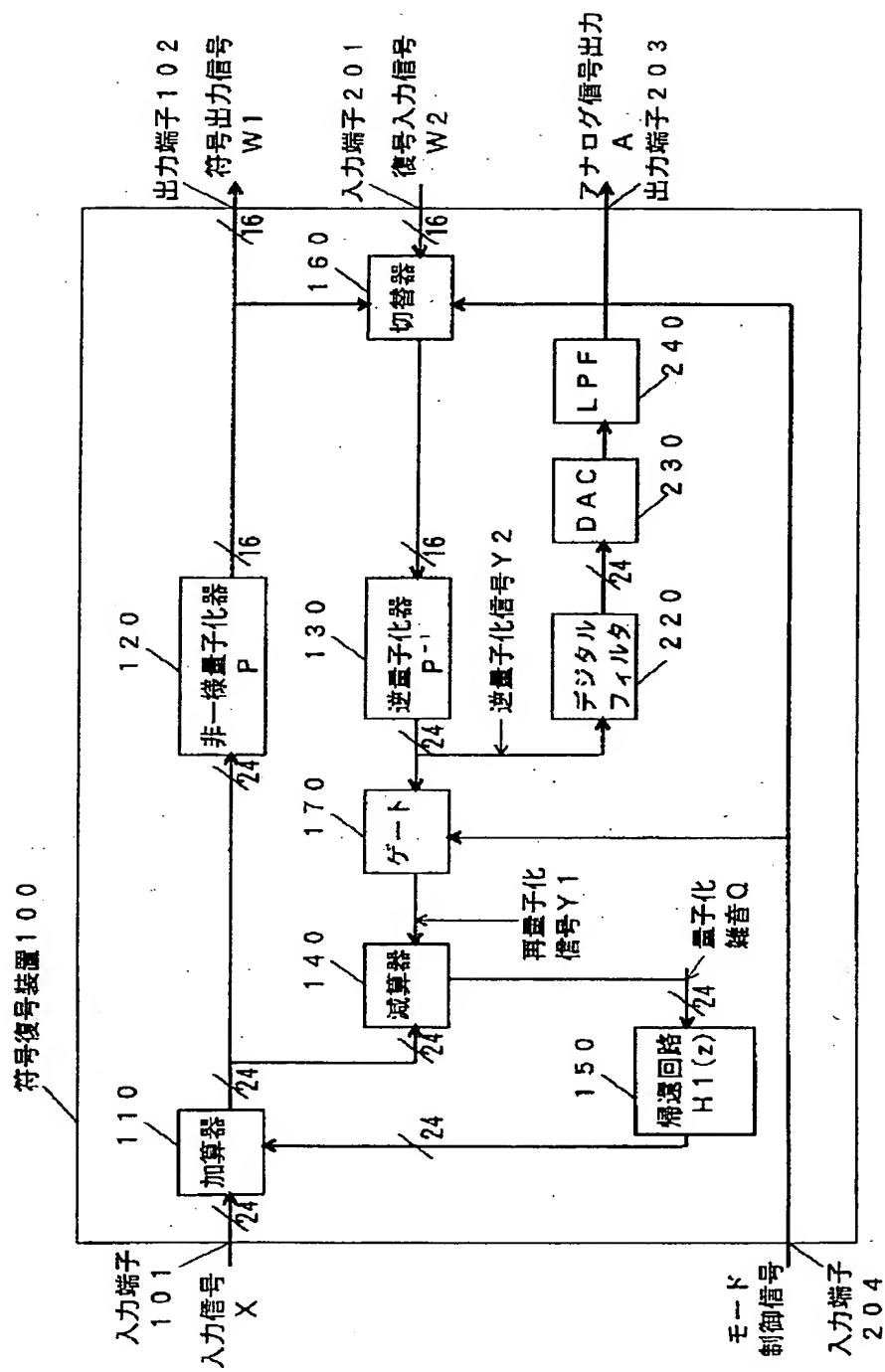
【図3】



【図5】

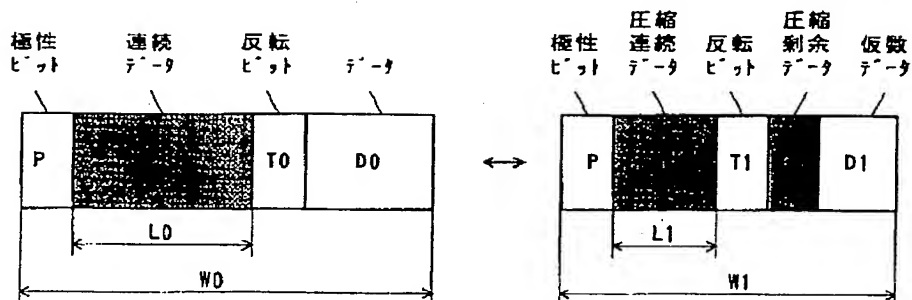


【図 2】



(a)
元データ (直線符号)

ラソレンク^ス1/2圧縮フローティンク^ス符号



(b)

24ビット

LD

L1

16ビット

P11111111111111111111 P1ABCDEF GHIJKLM***** P100000000000000000000	0 ↔ 0	P11111111111111111111 P1ABCDEF GHIJKLM P100000000000000000000
P01111111111111111111 P01ABCDEF GHIJKLM***** P0100000000000000000000	1 ↔ 0	P10111111111111111111 P10ABCDEF GHIJKLM P100000000000000000000
P00111111111111111111 P001ABCDEF GHIJKL***** P0010000000000000000000	2 ↔ 1	P01011111111111111111 P010ABCDEF GHIJKL P010000000000000000000
P00011111111111111111 P0001ABCDEF GHIJKL***** P0001000000000000000000	3 ↔ 1	P01011111111111111111 P010ABCDEF GHIJKL P010000000000000000000
⋮		
P00001111111111111111 P00001ABCDEF GHIJKL P0000100000000000000000	17 ↔ 8	P00001111111111111111 P00001ABCDEF GHIJKL P0000100000000000000000
⋮		
P00000111111111111111 P000001ABCDEF GHIJKL P0000010000000000000000	18 ↔ 9	P00000111111111111111 P000001ABCDEF GHIJKL P0000010000000000000000

BEST AVAILABLE COPY